

Для определения полных потерь давления с учетом поддержания слоя в псевдооживленном состоянии использована зависимость

$$P = \left(\frac{f}{F}\right)^2 \cdot \left(\frac{w}{F_c}\right)^2 \cdot \frac{\rho}{2} \left[\left(1 + 0,707 \sqrt{1 - \frac{F}{f}}\right)^2 + \left(1,7 - \frac{F}{f}\right)^2 \right] + H_0 g (\rho_p - \rho)(1 - m_0), \quad (8)$$

где f – площадь подовой решетки аппарата кипящего слоя, м²; F – живое сечение решетки (площадь всех отверстий), м²; где F_c – доля живого сечения решетки м²; H_0 – высота неподвижного слоя, м; g – ускорение свободного падения, м/с²;

Проверка адекватности моделей, использованных в программном комплексе, подтверждена на экспериментальной лабораторной установке, разработанной учеными кафедры информационных технологий в металлургии [9].

Список использованных источников

1. Гарнаев А. Самоучитель Visual Studio .NET 2003; БХВ-Петербург – Москва, 2013. – 688 с.
2. Голощапов А.Л. Microsoft Visual Studio 2010; БХВ-Петербург – Москва, 2011. – 544 с.
3. Левинсон Джефф. Тестирование ПО с помощью Visual Studio 2010; ЭКОМ Паблишерз. – Москва, 2012. – 314 с.
4. Оленников А.А., Морозов П.А., Смирнова Е.В. Виртуальный тренажер «вентиляционная установка» / Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Под общей редакцией М.В. Темлянцева. Новокузнецк. – 2015. – С. 446-449.
5. Оленников А.А. Применение тепла отходящих газов от конвертерных печей в промышленных сушилах / Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Под общей редакцией С.М. Кулакова. – 2006. – С. 272-274.
6. Гудукин Е.И., Оленников А.А., Цымбал В.П. Математические и физические модели агрегатов теплообмена и кипящего слоя / Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения Труды Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Под общей редакцией Л.П. Мышляева. Новокузнецк. – 2008. – С. 288-291.
7. Оленников, А.А. Математическое моделирование и комплекс программ для решения задач утилизации вторичной энергии отходящих газов металлургических агрегатов струйно-эмульсионного типа: дис....канд. техн. наук: 05.13.18: защищена 08.12.09: утв. 12.03.10. / А. А. Оленников – Новокузнецк, 2009. – 133 с.
8. Оленников А.А., Оленников Е.А., Захаров А.А. Программный комплекс для моделирования схем утилизации физической и химической энергии от отходящих газов металлургических агрегатов / Вестник Тюменского государственного университета. Физико-математическое моделирование. Нефть, газ, энергетика. – 2015. – Т. 1. – № 2 (2). – С. 185-192.
9. Оленников А.А., Падалко А.Г., Чапаев Д.Б. Автоматизированный лабораторный комплекс для исследований газодинамических режимов в агрегатах прямого восстановления / Системы автоматизации в образовании, науке и производстве труды VIII всероссийской научно-практической конференции. Новокузнецк. – 2011. – С. 522-526.

УДК 669-9

А. А. Оленников, В. П. Цымбал, А. Г. Падалко, П. А. Сеченов

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»,
г. Новокузнецк, Россия

ЛАБОРАТОРНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ В СТУПЕНЯХ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО АГРЕГАТА ТИПА СЭР

Аннотация

В статье рассмотрена лабораторная установка для моделирования газодинамических процессов в самоорганизующемся струйно-эмульсионного агрегате. Представлена автоматизированная схема управления лабораторным комплексом, подробно описаны составляющие схемы автоматизации, при помощи которых измеряются и анализируются температура, избыточное и дифференциальное давление. Приведена схема взаимодействия объектов системы автоматизации с разделением на подсистемы верхнего и нижнего уровней. Показана схема движения данных в системе автоматизации с указанием путей перемещения контрольных и настроечных параметров. Созданный лабораторный комплекс открывает широкие возможности для исследования процессов газодинамики в энергоиспользующих установках, а также может быть использован в учебном процессе для организации лабораторных работ. В ходе использования лабораторного комплекса на наглядном примере можно ознакомиться с самоорганизующимся процессом, а также проводить исследования в области самоорганизации на примере процессов, протекающих в струйно-эмульсионных агрегатах.

Ключевые слова Агрегат типа СЭР, датчик, контроллер, схема взаимодействия объектов, схема движения данных.

Abstract

In the article the laboratory setup for simulating dynamic processes in self jet-emulsion unit. The automated system of the laboratory complex control is shown, as well as the detail description of the automated system components used for measurement and analysis of temperature, excess pressure, and deferential pressure. The interaction pattern of the automated system components with splitting to the subsystems of the upper and the lower levels is described. A diagram showing the movement of data in the automation system and pathways of control and adjustment parameters is also presented. The developed laboratory complex control software is outlined. The invented laboratory complex gives wide opportunities for study of gas dynamics in energy-consumed units. It can also be used in the academic activity, in particularly for organizing of laboratory works. The usage of the laboratory complex allows familiarizing with a self-organizing process at an actual example, conducting research work in area of self-organization used processes taking place in the jet-emulsion type aggregates.

Keywords. Unit type SER, sensor, controller, the pattern of objects, traffic pattern data.

За последние годы резко возрос интерес к процессам и промышленным агрегатам жидкофазного восстановления, одним из которых является струйно-эмульсионный реактор (СЭР) [1]. Это связано с громоздкостью и многословностью традиционной аглококсодоменой технологии, прогнозируемым дефицитом на кокс и возможностью использования в качестве восстановителя дешевых низкосортных пылевидных руд и отходов. Однако, с позиции энергосбережения подобный процесс требует дальнейшего совершенствования. Только с отходящими газами, температура которых порядка 1600 °С, теряется около половины энергии исходного топлива, выбрасываемой в окружающую среду. Такие потери тепла приводят к существенному снижению КПД металлургических агрегатов, а попытки освоения полной тепловой энергии в рабочей камере процесса приводят к нежелательным результатам и чаще всего к ухудшению выхода основной продукции [2].

В связи с этим перспективным направлением является экономия топлива путем одновременного снижения тепловых потерь с отходящим газом и комплексного использования продуктов сгорания для технологических, энергетических и химических видов утилизации энергии [3]. Наибольшего энергосберегающего эффекта можно достичь, используя установки, в которых продукты сгорания отдают свою энергию, последовательно направляясь из высокотемпературного источника в средне- и низкотемпературные устройства для более пол-

ного использования теплоты. При этом возможно также использование химической энергии [4]. Однако, основное влияние на теплообмен в системе оказывает процесс газодинамики. Именно для исследований процессов газодинамики в агрегате СЭР и энергоиспользующих установках создана физическая низкотемпературная модель самоорганизующегося струйно-эмульсионного агрегата (рисунок 1), на которой, кроме основной задачи (исследование газодинамики двухфазных сред), возможна реализация многоцелевых лабораторно-практических работ для всех основных уровней систем автоматизации.



Рис. 1. Физическая низкотемпературная модель самоорганизующегося струйно-эмульсионного агрегата

Основные задачи, решаемые с помощью комплекса: осуществление контроля, регулирование и управление механизмами, системами и процессом в целом; обеспечение согласованной работы оборудования; диагностика и мониторинг оборудования; предотвращение аварийных ситуаций; сбор и хранение информации о ходе лабораторных работ; анализ и подготовка документации.

Остановимся на аспектах создания системы автоматизации лабораторной установки, составными частями которой являются: шкаф автоматизации; система подачи реагентов; реакционные агрегаты; программируемый логический контроллер (ПЛК); датчики; электропривод с отсечным клапаном.

Шкаф автоматизации содержит: три аналоговых модуля ввода (МВА-8); два многоканальных блока питания (БП14-Д4.4-24); один модуль дискретного вывода (МУ110-224.8Р).

В состав реакционных агрегатов входят пять объектов, один сферической формы (реактор-осциллятор), остальные цилиндрической формы (реактор-гранулятор, рафинирующий отстойник, котел-утилизатор, аппарат кипящего слоя). Агрегаты выполнены из оргстекла.

«Мозгом» установки является программируемый логический контроллер ПЛК-150 фирмы ОВЕН. Данный контроллер обладает рядом преимуществ: отсутствие операционной системы, возможность работы по любому нестандартному протоколу, широкие возможности самодиагностики, возможность «горячей» замены программы, встроенный аккумулятор и часы реального времени. ПЛК конфигурируется персональным компьютером посредством интерфейса RS-485 и программного комплекса CoDeSys. Профессиональная разработка систем автоматизации неразрывно связана с CoDeSys, основным назначением которого является разработка прикладных программ на языках стандарта МЭК 61131-3. Комплекс состоит из двух основных частей: среды программирования CoDeSys и системы исполнения CoDeSys SP. CoDeSys работает на компьютере и применяется при подготовке программ. Программы компилируются в быстрый машинный код и загружаются в контроллер. CoDeSys SP работает в контроллере, он обеспечивает загрузку и отладку кода, обслуживание ввода/вывода и прочие сервисные функции.

Отметим, что в системе измеряются температура, избыточное давление и дифференциальное давление (расход). В связи с этим в установке используются: датчики избыточного давления ОВЕН ПД100-ДИ0,6-311-1,0; датчики дифференциального давления Элемер АИР-10/М1-ДД 1457; термопары ОВЕН ДТПЛ 204-00.40/0,6. Для регулирования расхода реагентов используется электропривод с отсечным клапаном.

Подсистема контроля и регулирования подачи газов. Подача воздуха на продувку осуществляется от компрессора через трубопровод, на котором последовательно установлен клапан, нагревательный контур (с датчиком давления и термопарой) и нормально закрытый отсечной клапан. Измерительная диафрагма и регулирующий клапан с электроприводом необходимы для управления процессом подачи воздуха. Имеются клапаны для ручного управления расходом воздуха. В струйно-эмульсионный реактор воздух поступает через две боковые форсунки.

На рисунке 2 показана схема движения данных в системе автоматизации. Отметим, что в информационной подсистеме передаются либо контрольные, либо настроечные параметры.

Рис. 2. Схема движения данных в информационной подсистеме

К *настроечным параметрам* относятся: расход реагентов, поступающих в реактор-осциллятор; температура реагентов, поступающих в реактор-осциллятор.

Контрольные параметры передаются от датчиков в виде аналогового сигнала в модуль аналогового ввода МВА-8, после чего МВА-8 преобразует аналоговый сигнал в цифровой и передает данные в ПЛК. Затем OPC-сервер принимает данные от ПЛК. Из OPC сервера данные попадают в базу данных (в режиме OPCHDA – HistoricalDataAccess) и в HMI(в режиме OPCDA – DataAccess).

Необходимость накапливать исторические данные в режиме OPCHDA обусловлена тем, что наличие большого количества таких данных делает возможным проведение различного рода исследований, связанных с процессами, протекающими в агрегатах типа СЭР. Для создания и ведения баз данных "ИССЛЕДОВАНИЕ" и "ПРОТОКОЛ" применена система управления базами данных, отвечающая требованиям современных сетевых СУБД (MS SQL). Передача данных в СУБД осуществляется с помощью LectusModbus OPC/DDE сервера. Данные из ПЛК-150 (под управлением CoDeSys) через интерфейс Ethernet по протоколу Modbus TCP поступают в ПК, а именно в программу LectusModbus OPC/DDE сервер. Далее используют спецификацию OPC DA (DataAccess) данные в реальном времени поступают в SCADA – систему отображаясь на экранной форме и записываются в БД (MS SQL).

Важную роль в системе играют настроечные параметры – они определяют характер работы агрегатов. Набор значений настроечных параметров по умолчанию, необходимый для работы комплекса, записан в памяти ПЛК. При необходимости, настроечные параметры могут быть изменены из HMI. Эти изменения передаются через OPC-сервер в ПЛК. В свою очередь ПЛК изменяет настроечные параметры по умолчанию на заданные.

Основными пользователями лабораторного комплекса являются студенты, лаборант и администратор. Все эти группы пользователей имеют доступ к просмотру значений контрольных и настроечных параметров в HMI SCADA – системы. При этом задавать настроечные параметры могут лишь лаборант и администратор. Подобное разделение прав доступа сделано в целях безопасности.

Благодаря созданному автоматизированному лабораторному комплексу перед исследователями открывается широкий спектр направлений в учебной и научной деятельности. На наглядном примере можно ознакомиться с самоорганизующимся процессом. Помимо этого, в ходе использования лабораторного комплекса осваивается структура системы автоматизации и работа со SCADA – системой. Возможно изменять настроечные параметры в системе – проводить исследования в области самоорганизации на примере процессов, протекающих в агрегатах типа СЭР.

Список использованных источников

1. Tsymbal V.P. Energy-metallurgical complex based on the spray-emulsion reactor / V.P. Tsymbal, S.P. Mochalov, A.A. Olennikov, A.M. Ognev // CIS iron & steel review, 2012, № 1. – С. 13–15.
2. Оленников А.А. Схема энерго-металлургического комплекса на основе агрегата типа СЭР / Оленников А.А., Мочалов С.П., Цымбал В.П. // Управление отходами – основа восстановления экологического равновесия в Кузбассе: сборник докладов второй международной научно-практической конференции. – Новокузнецк: СибГИУ, 2008 – С. 186–189.
3. Оленников А.А. Утилизация и использование вторичной низкопотенциальной тепловой энергии в металлургических агрегатах / А.А. Оленников, В.П. Цымбал / Современная металлургия начала нового тысячелетия: Труды третьей Международной науч.-техн. конф.; Липецк: ЛГТУ, 2006. – С. 137–142.
4. Оленников А.А., Оленников Е.А., Захаров А.А. Программный комплекс для моделирования аппарата кипящего слоя и процессов, протекающих в нем / Вестник ТюмГУ. 2012. №4. – С.151–156.